

PERBANDINGAN KONSUMSI ENERGI PADA PROSES PEMINDAHAN BAHAN SECARA MANUAL

Otong Andi Juhandi (30402785)
Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri
Universitas Gunadarma

Kontak Person :

Otong Andi Juhandi
e-mail : niozyz@yahoo.co.id

ABSTRAKSI

Pemindahan bahan secara manual sampai saat ini masih dilakukan manusia baik dalam kehidupan sehari-hari maupun dalam lingkungan industri. Cara kerja pada saat pemindahan bahan biasanya tergantung dari kebiasaan dan pengalaman pekerjaannya tanpa memperhatikan besarnya energi yang dikeluarkan. Besarnya penggunaan energi pada saat melakukan pekerjaan akan berpengaruh pada kekuatan dan daya tahan tubuh pekerja untuk melakukan pekerjaan tersebut. Produktifitas kerja yang dihasilkan akan berbanding terbalik dengan besarnya energi yang dikeluarkan sehingga produktifitas kerja akan tinggi jika pekerjaannya melakukan pekerjaan dengan cara kerja yang memiliki pengeluaran energi yang rendah. Obyek pemindahan yang digunakan pada penelitian ini adalah galon air mineral seberat 19,8 kg dengan jarak pemindahan sejauh 10 meter. Ada empat cara kerja yang digunakan untuk memindahkan galon tersebut. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa cara kerja pertama memiliki nilai rata-rata konsumsi energi 1,57 kkal, cara kerja kedua memiliki nilai rata-rata konsumsi energi 1,77 kkal, cara kerja ketiga memiliki nilai rata-rata konsumsi energi 1,84 kkal, dan cara kerja keempat memiliki nilai rata-rata konsumsi energi 1,86 kkal. Data perhitungan konsumsi energi berdistribusi normal sehingga inferensi dilakukan dengan metode statistik parametrik. Hasil uji beda rata-rata menunjukkan bahwa keempat cara kerja tersebut memiliki rata-rata konsumsi energi yang identik antara sampel pekerja dan populasinya. Inferensi tersebut menyimpulkan bahwa cara kerja pertama memiliki nilai rata-rata konsumsi energi paling rendah sehingga merupakan cara kerja terbaik. Oleh karena itu, cara kerja pertama berpeluang untuk menghasilkan produktifitas kerja yang lebih tinggi dibandingkan dengan ketiga cara lainnya karena semakin rendah energi yang dikeluarkan oleh suatu pekerjaan berarti kekuatan dan daya tahan tubuh pekerja untuk melakukan pekerjaan tersebut akan bertahan lama, sehingga pekerja mampu melakukan frekuensi pemindahan bahan lebih banyak.

1. PENDAHULUAN

Proses pemindahan bahan merupakan aktifitas manual yang sering dijumpai. Pekerja memindahkan bahan dari satu tempat ke tempat lain dengan

kondisi kerja yang hanya memungkinkan untuk melakukan pemindahan bahan oleh pekerja itu sendiri tanpa menggunakan alat bantu.

Cara kerja pada saat pemindahan bahan biasanya tergantung dari kebiasaan dan pengalaman pekerjaanya tanpa memperhatikan besarnya energi yang dikeluarkan. Besarnya penggunaan energi pada saat melakukan pekerjaan akan berpengaruh pada kekuatan dan daya tahan tubuh pekerja untuk melakukan pekerjaan tersebut. Pengukuran besarnya energi pada saat bekerja menjadi tolak ukur dalam menentukan cara kerja terbaik. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan cara pemindahan bahan dengan nilai konsumsi energi paling rendah. Produktifitas kerja yang tinggi diperoleh dari cara kerja yang memiliki konsumsi energi yang rendah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pengukuran aktifitas kerja fisik berdasarkan kekuatan dan daya tahan, pada dasarnya tidak hanya ditentukan oleh kekuatan otot saja, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor subyektif lain, seperti besarnya tenaga yang dikeluarkan, kecepatan kerja, cara dan sikap melaksanakan kerja, kebiasaan olah raga, jenis kelamin, umur, daya reaksi, stabilitas, letak posisi beban, arah gerakan dari anggota tubuh, dan lain-lain. Besarnya penggunaan energi pada saat melakukan aktifitas akan berpengaruh pada kekuatan dan daya tahan tubuh untuk melakukan aktifitas tersebut. Semakin besar energi yang dikeluarkan oleh aktifitas tersebut berarti kekuatan dan daya tahan tubuh untuk melakukan aktifitas tersebut akan semakin rendah, dan sebaliknya (Sutalaksana, 1979).

Walaupun otomatisasi telah mengurangi kebutuhan tenaga manusia dalam lingkungan kerja industri moderen, namun tenaga manusia menjadi bagian penting dalam beberapa pekerjaan terutama yang melibatkan penanganan material secara manual. Ada beberapa parameter yang harus diperhatikan dalam proses pemindahan bahan secara manual, yaitu beban yang harus diangkat, perbandingan antara berat beban dan orangnya, jarak horisontal dari beban terhadap orangnya, dan ukuran beban yang akan diangkat (Nurmianto, 1998).

Sebagai perbandingan, batasan angkat legal yang dipakai secara internasional dapat dilihat pada Tabel 2.1. Batasan angkat secara legal ini dapat membantu mengurangi rasa sakit pada tulang belakang pada saat pengangkatan.

Tabel 2.1 Batasan Angkat Secara Legal

Jenis Kelamin	Batasan Angkat Maksimum (kg)
Pria dibawah usia 16 tahun	14
Pria usia diantara 16 tahun dan 18 tahun	18
Pria usia lebih dari 18 tahun	Tidak ada batasan angkat
Wanita usia diantara 16 tahun dan 18 tahun	11
Wanita usia lebih dari 18 tahun	16

(Sumber : Nurmianto, 1998)

Konsumsi energi merupakan faktor utama yang membatasi prestasi harian para pekerja. Kebutuhan akan energi manusia memang bisa dikurangi melalui mekanisasi, namun masih banyak industri yang masih tetap menggunakan tenaga

manusia yang besar seperti pada industri pertambangan, pengolahan barang logam, pertanian, kehutanan, konstruksi, pengiriman barang dan sebagainya (Sastrowinoto, 1985).

Nurmianto (1998) berpendapat bahwa analisa mengenai konsumsi energi pada beberapa pekerjaan tertentu bertujuan untuk memilih frekuensi dan periode istirahat pada saat bekerja, membandingkan metode alternatif pemilihan peralatan dan aktifitas kerja, dan lain-lain.

Berat atau ringannya pekerjaan yang dilakukan oleh pekerja dapat ditentukan oleh gejala perubahan yang tampak dan dapat diukur melalui pengukuran anggota tubuh atau fisik pekerja. Pengukuran fisik tersebut meliputi denyut jantung, tekanan darah, keluaran paru-paru dalam satuan liter per menit, komposisi kimia darah, temperatur tubuh, kecepatan berkeringat, kecepatan membuka dan menutupnya fentilasi paru-paru dalam satuan liter per menit, dan konsumsi oksigen. Menurut Nurmianto (1998), denyut jantung merupakan variabel yang paling mudah diukur di antara sekian banyak kriteria tersebut. Akan tetapi hanya merupakan pengukuran konsumsi energi secara tidak langsung. Kenaikan konsumsi energi dalam kerja fisik dinyatakan sebagai kalori kerja. Nilai kalori kerja diperoleh dari perbedaan antara konsumsi energi pada saat kerja terhadap konsumsi energi pada saat istirahat (Sastrowinoto, 1985). Satuan energi yang digunakan pada beberapa literatur ergonomi adalah kilokalori. Dalam unit Satuan Internasional (SI), 1 kilokalori (kkal) sama dengan 4,2 kilojoule (kJ) (Nurmianto, 1998).

Denyut jantung dapat diubah ke dalam bentuk energi. Bentuk regresi kuadratis yang menyatakan hubungan energi dengan kecepatan denyut jantung dapat dilihat pada Persamaan (1). Simbol Y adalah energi (kilokalori / menit), simbol X adalah kecepatan denyut jantung (denyut / menit) (Aribowo, 2006).

$$Y = 1,80411 - 0,0229038X + 4,71733 * 10^{-4} * X^2 \dots\dots\dots(1)$$

Konsumsi energi untuk kegiatan tertentu merupakan selisih antara pengeluaran energi pada saat kerja terhadap pengeluaran energi pada saat istirahat. Perhitungan konsumsi energi dapat dilihat pada Persamaan (2). Simbol KE adalah konsumsi energi untuk kegiatan tertentu (kkal), simbol Et adalah pengeluaran energi pada saat kerja (kkal), dan simbol Ei adalah pengeluaran energi pada saat istirahat (kkal).

$$KE = Et - Ei \dots\dots\dots(2)$$

3. METODE PENELITIAN

Data yang akan diambil pada penelitian ini adalah kecepatan denyut jantung pekerja per menit. Kecepatan denyut jantung diukur pada saat sebelum dan sesudah melakukan pemindahan bahan untuk setiap cara kerja yang ditentukan. Variabel penelitian ini adalah besarnya energi yang dikonversikan dari kecepatan denyut jantung pekerja pada saat sebelum dan sesudah melakukan pemindahan bahan dengan cara kerja yang telah ditentukan. Selisih besarnya energi sebelum dan sesudah melakukan pemindahan bahan akan digunakan untuk menghitung besarnya konsumsi energi pekerja pada saat bekerja.

Alat yang akan digunakan untuk penelitian ini adalah alat ukur denyut jantung, obyek pengangkatan, lembar pengukuran dan alat tulis. Alat ukur denyut jantung digunakan untuk mengukur denyut jantung pekerja pada saat sebelum dan sesudah melakukan aktifitas pemindahan bahan. Alat ukur denyut jantung yang digunakan dalam percobaan ini dapat dilihat pada Gambar 3.1. Obyek pengangkatan yang akan digunakan adalah galon air mineral seberat 19,8 kg. Lembar pengukuran dan alat tulis digunakan untuk mencatat semua data yang akan diambil.

Percobaan dilakukan dengan memindahkan galon air mineral dengan berat 19,8 kg sejauh 10 meter. Jumlah populasi pekerja pada aktifitas pemindahan bahan secara manual sangat banyak sehingga sampel yang diambil pada percobaan ini berjumlah ≥ 30 orang. Menurut Walpole dan Myers (1995), sebaran normal umumnya cukup baik bila jumlah sampel ≥ 30 , terlepas dari bentuk populasinya. Jika jumlah sampel < 30 , maka sebarannya hanya akan baik bila populasinya tidak jauh berbeda dengan normal.

Pekerja yang akan menjadi subyek pemindahan galon adalah pekerja laki-laki karena pekerjaan memindahkan bahan secara manual secara umum dilakukan oleh laki-laki. Pekerja yang dipilih dalam percobaan ini terdiri pekerja tukang bongkar muat galon dan orang-orang yang bukan pekerja bongkar muat galon tetapi sudah terbiasa memindahkan galon air mineral. Postur tubuh dan usia pekerja dipilih secara acak dengan tinggi badan antara 167 cm sampai dengan 178 cm, berat badan antara 55 sampai dengan 95 kg, dan usia antara 19 tahun sampai dengan 28 tahun. Berdasarkan Tabel 2.1, jika pekerja adalah pria berusia lebih dari 18 tahun, maka berat angkat maksimum tidak dibatasi tetapi sesuai dengan kemampuan pekerjaanya. Berat obyek pemindahan sebesar 19,8 kg masih berada di bawah batasan angkat maksimum untuk pekerja pria berusia di atas 18 tahun.

Jarak pemindahan sejauh 10 meter adalah jarak yang telah ditentukan untuk percobaan ini. Jarak pemindahan ini cukup untuk menaikkan nilai kalori kerja pada saat bekerja dalam suatu percobaan. Waktu istirahat selama 5 menit sebagai jeda antar cara pemindahan diambil berdasarkan percobaan pendahuluan dan kesanggupan pekerja dan ternyata denyut jantung para pekerja mampu kembali ke denyut jantung normal dengan waktu rata-rata selama 5 menit.

Percobaan dilakukan dalam ruangan tertutup yang memiliki luas ideal untuk melakukan pemindahan galon sejauh 10 meter. Lingkungan kerja akan disesuaikan dengan jenis pekerjaannya sehingga pekerja merasa nyaman dalam lingkungan kerja tersebut. Pekerja yang melakukan pemindahan bahan pada percobaan ini adalah pekerja dengan kondisi sehat dan belum pernah mengalami riwayat penyakit berbahaya yang berhubungan dengan otot, tulang, dan persendian. Denyut jantung diukur pada saat sebelum dan setelah pemindahan galon.

Ada empat macam cara pemindahan bahan yang akan dilakukan dalam percobaan ini. Cara pemindahan bahan yang pertama adalah memindahkan galon air mineral dengan posisi galon berada di depan perut pekerja dan dipegang oleh kedua tangan. Posisi lengan dan siku lurus dan kedua telapak tangan memegang setiap ujung galon dengan pegangan yang kuat. Cara pertama ini dapat dilihat pada Gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 3.1 Cara Pertama

Cara pemindahan bahan yang kedua adalah memindahkan galon air mineral dengan posisi galon berada di depan dada pekerja. Posisi lengan dan siku tegak lurus dengan galon berada di atas kedua lengan bagian dalam. Telapak tangan menahan galon agar tidak bergerak pada saat pemindahan. Cara kedua dapat dilihat pada Gambar 3.3 di bawah ini.



Gambar 3.2 Cara Kedua

Cara pemindahan bahan yang ketiga adalah memindahkan galon air mineral dengan posisi galon berada di depan dada pekerja. Galon didekap oleh kedua tangan dengan kuat dan posisi galon berdiri. Cara ketiga dapat dilihat pada Gambar 3.4 di bawah ini.



Gambar 3.3 Cara Ketiga

Cara pemindahan bahan yang keempat adalah memindahkan galon air mineral dengan posisi galon diletakkan di atas salah satu pundak yang terkuat dari pekerja. Kedua tangan memegang galon agar tidak bergerak dengan posisi salah satu tangan tangan memegang ujung atas galon dan tangan yang lainnya memegang ujung bawah galon. Cara ketiga dapat dilihat pada Gambar 3.5 di bawah ini.



Gambar 3.4 Cara Keempat

Pekerja memindahkan galon sebanyak satu kali pemindahan dengan jarak yang sama untuk setiap cara kerja dan diberikan jeda untuk istirahat selama 5 menit untuk melakukan pemindahan dengan cara kerja berikutnya. Istirahat diberikan untuk pemulihan energi setelah melakukan pemindahan dengan cara sebelumnya.

Data kecepatan denyut jantung sebelum dan setelah pemindahan bahan akan dihitung dengan menggunakan Persamaan (1) dan Persamaan (2) untuk mendapatkan nilai konsumsi energi pada saat bekerja. Hasil perhitungan konsumsi energi untuk setiap cara kerja akan dilakukan uji beda keragaman dan uji beda rata-rata dalam langkah inferensinya. Menurut Santoso (2005), jika sampel berdistribusi normal maka inferensi dilakukan dengan menggunakan statistik parametrik tetapi jika sampel tidak berdistribusi normal maka inferensi dilakukan dengan menggunakan statistik bukan parametrik. Oleh karena jumlah sampel pekerja yang diambil sebanyak 30 orang maka distribusi datanya dapat dikatakan normal terlepas dari bentuk populasinya. Dengan demikian inferensi dilakukan dengan menggunakan statistik parametrik.

Uji beda keragaman dilakukan untuk mengetahui apakah keempat cara kerja mempunyai keragaman konsumsi energi yang sama secara populasi atau tidak. Uji terakhir adalah uji beda rata-rata populasi. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah rata-rata sejumlah sampel sudah bisa mewakili populasinya atau tidak karena karakteristik populasi dapat dilihat dari karakteristik sampel yang diambil. Uji beda rata-rata pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode analisis sidik ragam satu faktor. Ada empat variabel cara kerja yang akan diuji, yaitu cara kerja 1, cara kerja 2, cara kerja 3, dan cara kerja 4. Parameter pengujiannya adalah besarnya konsumsi energi untuk setiap cara kerja tersebut. Semua pengujian menggunakan perangkat lunak SPSS versi 11.5 dengan tingkat kepercayaan 95 %.

Ada dua pasang hipotesis yang ditetapkan, yaitu hipotesis untuk uji beda keragaman populasi dan hipotesis untuk uji beda rata-rata populasi. Hipotesis yang ditetapkan untuk uji beda keragaman adalah :

H_0 : Keragaman konsumsi energi untuk populasi pekerja pada keempat cara kerja adalah identik.

H_1 : Keragaman konsumsi energi untuk populasi pekerja pada keempat cara kerja adalah tidak identik.

Hipotesis yang ditetapkan untuk uji beda rata-rata adalah :

H_0 : Rata-rata konsumsi energi untuk populasi pekerja pada keempat cara kerja adalah identik.

H_1 : Rata-rata konsumsi energi untuk populasi pekerja pada keempat cara kerja adalah tidak identik.

Ada dua pedoman pengambilan keputusan, yaitu dengan nilai probabilitas dan dengan nilai F. Pedoman pengambilan keputusan berdasarkan nilai probabilitas adalah jika probabilitas $> 0,05$, maka H_0 diterima, dan jika probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak. Pedoman pengambilan keputusan berdasarkan nilai perbandingan nilai F hitung dan F tabel. Jika statistik hitung $>$ statistik tabel, maka H_0 ditolak dan jika statistik hitung $<$ statistik tabel, maka H_0 diterima.

4. HASIL DAN ANALISIS

Hasil penelitian berupa data kecepatan denyut jantung per menit pada saat pekerja memindahkan galon air mineral dan beristirahat. Data hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Data Penelitian

Pekerja ke-	Cara I (denyut / menit)		Cara II (denyut / menit)		Cara III (denyut / menit)		Cara IV (denyut / menit)	
	D ₀	D ₁	D ₀	D ₁	D ₀	D ₁	D ₀	D ₁
1	82	106	80	107	83	107	73	110
2	89	131	83	126	84	118	93	125
3	83	105	88	108	85	108	81	109
4	84	100	89	119	86	104	89	111
5	86	100	86	101	80	104	82	115
6	88	114	79	116	77	106	81	109
7	92	120	90	122	89	126	86	123
8	106	134	93	136	108	140	95	143
9	103	122	104	118	104	116	105	116
10	64	109	59	90	74	103	80	96
11	77	115	67	108	70	115	78	121
12	60	117	64	116	62	99	66	126
13	96	108	88	108	85	114	89	109
14	81	100	67	101	77	90	96	101
15	72	89	75	91	65	94	62	92
16	82	105	84	98	81	106	88	104
17	86	98	83	100	79	101	84	96
18	78	92	91	102	82	104	85	102
19	83	102	87	112	91	114	84	105
20	74	94	82	107	85	99	74	96
21	87	109	81	98	92	117	88	104
22	93	116	96	124	91	119	87	110
23	91	108	87	106	93	116	86	98
24	84	105	89	112	86	107	92	132
25	91	118	86	104	82	127	79	114
26	79	102	82	122	86	120	91	114
27	82	98	76	94	86	105	79	96
28	94	105	86	107	84	114	86	118
29	88	110	79	114	82	105	91	110
30	92	104	86	99	94	121	88	118

Perhitungan Konsumsi Energi

Denyut jantung pekerja pada saat sebelum dan setelah proses pemindahan bahan secara manual dikonversikan ke dalam bentuk energi dengan menggunakan Persamaan (1), yaitu $Y = 1,80411 - 0,0229038X + 4,71733 \cdot 10^{-4} \cdot X^2$, untuk mendapatkan nilai besarnya pengeluaran energi pada saat istirahat (E_i) dan nilai besarnya pengeluaran energi pada saat bekerja (E_t). Konsumsi energi untuk setiap cara kerja merupakan selisih antara besarnya energi pada saat bekerja (E_t) terhadap besarnya energi pada saat istirahat (E_i) dan dihitung dengan

menggunakan Persamaan (2), yaitu $KE = E_t - E_i$. Hasil perhitungan konsumsi energi dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Konsumsi Energi

Pekerja ke-	Konsumsi Energi (kkal)			
	Cara I	Cara II	Cara III	Cara IV
1	1.58	1.76	1.60	2.35
2	3.40	3.25	2.46	3.16
3	1.45	1.39	1.57	1.87
4	1.02	2.26	1.20	1.57
5	0.91	0.98	1.53	2.31
6	1.88	2.56	1.84	1.87
7	2.16	2.47	2.91	2.80
8	2.53	3.66	3.01	4.29
9	1.58	1.15	0.97	0.89
10	2.64	1.47	1.76	0.96
11	2.57	2.45	2.90	3.05
12	3.45	3.22	1.96	4.06
13	0.88	1.39	2.06	1.41
14	1.19	1.92	0.73	0.35
15	0.90	0.89	1.51	1.49
16	1.50	0.88	1.63	1.08
17	0.77	1.08	1.36	0.74
18	0.80	0.75	1.43	1.11
19	1.22	1.77	1.70	1.39
20	1.03	1.66	0.89	1.26
21	1.53	1.05	1.89	1.08
22	1.74	2.26	2.13	1.61
23	1.21	1.29	1.74	0.77
24	1.39	1.65	1.43	3.31
25	2.04	1.20	3.41	2.38
26	1.44	2.93	2.53	1.70
27	0.99	1.03	1.28	1.01
28	0.78	1.43	2.11	2.17
29	1.55	2.38	1.50	1.37
30	0.83	0.84	2.12	2.23
Rata-rata	1.57	1.77	1.84	1.86

Uji Beda Rata-rata Konsumsi Energi untuk Populasi Pekerja

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah rata-rata sejumlah sampel sudah bisa mewakili populasinya karena karakteristik populasi dapat dilihat dari karakteristik sampel yang diambil. Uji beda rata-rata pada penelitian ini dilakukan dengan metode analisis sidik ragam satu faktor karena ada empat variabel cara kerja yang akan diuji, yaitu cara kerja 1, cara kerja 2, cara kerja 3, dan cara kerja 4. Parameter pengujiannya adalah besarnya konsumsi energi untuk setiap cara kerja tersebut. Sebelum melakukan uji beda rata-rata populasi, data konsumsi energi keempat cara tersebut dilakukan uji beda keragaman populasi untuk mengetahui apakah keempat cara kerja mempunyai keragaman konsumsi energi yang sama atau tidak secara populasi. Uji beda keragaman populasi dan uji

beda rata-rata populasi menggunakan perangkat lunak SPSS versi 11.5. Hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 di bawah ini.

Tabel 4.2 Hasil Uji Beda Keragaman Populasi

Test of Homogeneity of Variances

K_E

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.089	3	116	.105

Hipotesis yang ditetapkan untuk uji beda keragaman adalah :

H_0 : Keragaman konsumsi energi untuk populasi pekerja pada keempat cara kerja adalah identik.

H_1 : Keragaman konsumsi energi untuk populasi pekerja pada keempat cara kerja adalah tidak identik.

Pedoman pengambilan keputusan adalah jika probabilitas $> 0,05$, maka H_0 diterima, dan jika probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak. Pada Tabel 4.3 di atas terlihat bahwa nilai uji Levene hitung adalah 2,089 dengan probabilitas 0,105. Oleh karena probabilitas $(0,105) > 0,05$, maka H_0 diterima. Kesimpulannya bahwa keempat cara kerja memiliki keragaman konsumsi energi populasi yang identik dengan rata-rata sampelnya.

Setelah keempat cara kerja terbukti memiliki keragaman konsumsi energi yang identik dengan keragaman sampelnya, maka selanjutnya dilakukan uji beda rata-rata populasi untuk mengetahui apakah keempat cara kerja memiliki rata-rata konsumsi energi populasi yang identik dengan rata-rata sampelnya atau tidak.

Tabel 4.3 Hasil Uji Beda Rata-rata Populasi

K_E

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.592	3	.531	.825	.483
Within Groups	74.633	116	.643		
Total	76.224	119			

Hipotesis yang ditetapkan untuk uji beda rata-rata adalah :

H_0 : Rata-rata konsumsi energi untuk populasi pekerja pada keempat cara kerja adalah identik.

H_1 : Rata-rata konsumsi energi untuk populasi pekerja pada keempat cara kerja adalah tidak identik.

Pedoman pengambilan keputusan berdasarkan nilai perbandingan nilai F hitung dan F tabel. Jika F hitung $> F$ tabel, maka H_0 ditolak dan jika F hitung $< F$

tabel, maka H_0 diterima. Pada Tabel 4.4 terlihat bahwa F hitung adalah 0,825, sedangkan nilai F tabel untuk tingkat kepercayaan 95 % dengan derajat bebas 1 sebesar 3 dan derajat bebas 2 sebesar 116 adalah 1.36. Oleh karena F hitung ($0,825$) < F tabel ($1,36$), maka H_0 diterima. Kesimpulannya bahwa keempat cara kerja memiliki rata-rata konsumsi energi populasi yang identik dengan rata-rata sampelnya. Kesimpulan yang sama juga diperoleh dari analisis tingkat signifikansi.

Analisis Cara Kerja dengan Rata-rata Konsumsi Energi Paling Rendah

Besarnya konsumsi energi menjadi salah satu parameter yang dipakai untuk memilih cara kerja. Cara kerja yang layak dipilih adalah cara kerja yang memiliki konsumsi energi paling rendah. Sutalaksana (1979) berpendapat bahwa besarnya penggunaan energi pada saat melakukan aktifitas akan berpengaruh pada kekuatan dan daya tahan tubuh untuk melakukan aktifitas tersebut. Semakin besar energi yang dikeluarkan oleh aktifitas tersebut berarti kekuatan dan daya tahan tubuh untuk melakukan aktifitas tersebut akan semakin rendah, dan sebaliknya. Pendapat tersebut menyimpulkan bahwa besarnya penggunaan energi untuk aktifitas tertentu akan berbanding terbalik dengan produktifitas kerja yang dihasilkan. Produktifitas kerja akan tinggi jika pekerjaannya melakukan pekerjaan dengan cara kerja yang memiliki pengeluaran energi yang rendah, dan sebaliknya.

Cara kerja yang memiliki rata-rata konsumsi energi paling rendah berdasarkan Tabel 4.1 di atas adalah cara kerja pertama. Hasil uji beda rata-rata populasi menyimpulkan bahwa rata-rata konsumsi energi antara sampel dan populasi pekerja untuk keempat cara kerja adalah identik sehingga jika rata-rata konsumsi energi berdasarkan sejumlah sampel yang diambil untuk cara kerja pertama memiliki nilai paling rendah daripada rata-rata konsumsi energi untuk ketiga cara lainnya, maka rata-rata konsumsi energi untuk cara kerja pertama dari populasi keseluruhan pun adalah paling rendah dibandingkan rata-rata konsumsi energi dari populasi keseluruhan untuk ketiga cara kerja lainnya.

Posisi lengan dan siku lurus pada cara kerja pertama memungkinkan berat galon ditopang seimbang oleh kedua tangan baik untuk lengan atas maupun lengan bawah, sehingga pembebanan galon melibatkan otot lengan atas dan otot lengan bawah secara bersamaan. Nurmianto (1998) menyatakan bahwa derajat beratnya beban kerja tergantung pula oleh sejumlah otot yang terlibat pada pembebanan otot statis, sehingga beban kerja akan terasa lebih berat jika hanya melibatkan sebagian kecil otot tanpa menggunakan otot secara keseluruhan, dan sebaliknya.

Posisi pegangan telapak tangan yang berada di kedua ujung galon dapat memudahkan pekerja untuk mengangkat galon tersebut dari posisi semula sebelum dipindahkan, begitupun pada saat menurunkan galon ke tempat tujuan. Semua jari dapat menggenggam kedua ujung galon, sehingga mempermudah untuk menahan galon tersebut dari goncangan saat pemindahan. Posisi galon yang berada di depan perut akan memperpendek jarak pengangkatan secara vertikal, jika sebelum pengangkatan galon berada di lantai.

5. PENUTUP

Kesimpulan

Cara kerja terbaik dalam proses pemindahan bahan secara manual berdasarkan nilai rata-rata konsumsi energi di antara keempat cara yang di teliti adalah cara kerja pertama. Nilai rata-rata konsumsi energi untuk cara pertama sebesar 1,57 kkal, cara kerja kedua sebesar 1,77 kkal, cara kerja ketiga sebesar 1,84 kkal, dan cara kerja keempat sebesar 1,86 kkal.

Hasil uji beda rata-rata menunjukkan bahwa keempat cara kerja tersebut memiliki rata-rata konsumsi energi yang sama untuk keseluruhan populasi pekerja. Inferensi tersebut menyimpulkan bahwa nilai rata-rata konsumsi energi populasi pekerja untuk keempat cara kerja adalah identik dengan nilai rata-rata konsumsi energi sampelnya.

Saran

Penelitian selanjutnya sebaiknya mempertimbangkan faktor postur tubuh, usia, dan asupan energi pekerja, serta bentuk obyek pengangkatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Budi, Aribowo, *Usulan Model Perhitungan Konsumsi Energi Untuk Kerja Dinamis Berdasarkan Denyut Nadi Istirahat*, Jurusan Teknik Industri Universitas Bina Nusantara, Jakarta, 2006.
- Nurmianto, Eko, *Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya*, Edisi Pertama, Guna Widya, Jakarta, 1998.
- Sastrowinoto, Suyatno, *Meningkatkan Produktivitas dengan Ergonomi*, PT. Pustaka Binaman Pressindo, Jakarta, 1985.
- Santoso, Singgih, *Mengatasi Berbagai Masalah Statistik dengan SPSS Versi 11.5*, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta 2005.
- Sutalaksana, dkk., *Teknik Tata Cara Kerja*, Jurusan Teknik Industri ITB, Bandung, 1979.
- Walpole, Ronald E. dan Myers, Raymond H., *Ilmu peluang dan Stastistika untuk Insinyur dan Ilmuwan*, Edisi Keempat, Penerbit ITB, Bandung, 1995.